

Las nanopartículas; riesgos y medidas de prevención

"I R S S T"
Canadá

Una nueva revolución industrial se cierne en torno a las nanopartículas, lo que se traduce en inversiones anuales de **billones de dólares** en investigación y desarrollo (I + D). Bienvenido al nanomundo donde todo sucede a la escala del nanómetro (nm), o sea, la milmillonésima parte del metro (10^{-9} m).

Efectivamente, las nuevas tecnologías permiten construir materiales, átomo por átomo, lo que les confiere propiedades muy distintas de los materiales usuales.

Las nanopartículas y las nanotecnologías no representan únicamente otra etapa hacia la miniaturización. A esta escala, el comportamiento de las partículas está dominado por los efectos cuánticos. Éstas pueden encerrarse en una pequeña estructura, presentar grandes roturas superficiales y demostrar toda una serie de fenómenos y propiedades únicos, que no se encuentran en los materiales de mayor tamaño.

El principal objetivo de este artículo consiste en una síntesis de los conocimientos científicos actuales sobre las nanopartículas, poniendo especial atención en los riesgos para la salud y en las medidas de prevención.

Esta revisión incluye las nuevas nanopartículas (nanotubos de carbono, fullerenos, pozos cuánticos, nanopigmentos de dióxido de titanio, algunos metales de dimensiones nanométricas) pero excluye los productos de dimensiones nanométricas derivados de la combustión debida a los distintos procedimientos industriales, así como los productos de dimensiones nanométricas ya fabricados a gran escala como los humos de silicio.

En Quebec existen alrededor de 200 profesores-investigadores activos en el campo de las nanotecnologías y más de 1.000 estudiantes repartidos en universidades y escuelas profesionales así como en varios centros de investigación. La mayoría de estas personas están potencialmente expuestas a las nanopartículas.

Alrededor de una cuarentena de empresas quebequesas trabajan actualmente en la producción de nanomateriales o están en fase de inicio, lo que supone cuatro veces más que hace apenas dos años. Además, hay que tener en cuenta que Quebec importa nanopartículas en distintos campos, entre ellos el textil, en el que los trabajadores-utilizadores están ya expuestos.

Los efectos sobre la salud debidos a exposiciones profesionales o los riesgos que representan las nanopartículas para la seguridad en el trabajo, son mucho menos conocidos. No obstante, se sabe que tienen mayor toxicidad las partículas nanométricas comparándolas con las partículas mayores, de dimensiones micrométricas, para una misma sustancia. Estos datos apoyan las recomendaciones de tratar a las nanopartículas como a un nuevo producto que tiene su propia toxicidad.

La principal vía de absorción en el trabajo es la vía respiratoria, como ocurre con los demás polvos. Los estudios toxicológicos demuestran claramente que el tamaño muy pequeño de las nanopartículas es un elemento clave respecto a su toxicidad, sobre todo a nivel de las partículas poco o nada solubles.

En primer lugar, la zona de deposición pulmonar variará mucho en función de la granulometría de la partícula. Así, ninguna de 1 nm llegará a los alvéolos pulmonares, depositándose en la parte superior de los pulmones. Las partículas de 5 nm se depositarán de manera relativamente uniforme en la nariz y la faringe, en la tráquea y los bronquios, llegando finalmente a los alvéolos. Las nanopartículas de 20 nm se depositarán en **más del 50%** a nivel alveolar.

En segundo lugar, los estudios toxicológicos han demostrado que la toxicidad de una nanopartícula se debe a su superficie y no a su masa.

En tercer lugar, las propiedades de la superficie, la capacidad de inducir radicales libres o liberar algunos iones pueden igualmente influir substancialmente sobre la toxicidad. Se han documentado diversos efectos pulmonares de la capacidad de algunas nanopartículas de inducir granulomas pulmonares. Los datos actualmente disponibles parecen indicar, por otro lado, que la absorción cutánea sería relativamente limitada.

La translocación, es decir, la capacidad de desplazarse a otros lugares en el organismo, es otra característica importante de las nanopartículas insolubles. Efectivamente, éstas consiguen franquear el epitelio pulmonar y llegar a las zonas intersticiales y después al sistema sanguíneo, distribuyéndose por todo el organismo.

Igualmente las nanopartículas captadas a nivel nasal pueden llegar al cerebro, entre otros órganos, vía nervio olfativo. Pueden también franquear las barreras intestinales, celulares y placentarias.

Por otra parte, en el campo farmacéutico,

se tienen muchas esperanzas terapéuticas basadas en el hecho de que ciertas nanopartículas pueden franquear la barrera hematoencefálica y penetrar directamente en el cerebro.

Algunas nanopartículas modifican los parámetros sanguíneos y se acumulan en algunos órganos como el hígado y el bazo. Por otra parte, estudios epidemiológicos demuestran una correlación significativa entre las tasas de fallecimientos por enfermedades cardio-respiratorias y la cantidad de partículas de dimensiones nanométricas debidas a episodios de polución atmosférica.

La importante carencia de conocimientos científicos nos coloca ante una gran incertidumbre relativa a los riesgos derivados de las nanopartículas. Actualmente, aunque se hayan demostrado efectos tóxicos en animales, es casi imposible realizar una evaluación cuantitativa del riesgo de los nuevos nanomateriales.

No obstante, se siguen realizando investigaciones y se han publicado diversos resultados. Un informe IRSST (Ostigy y col., 2006) reúne el conjunto de conocimientos específicos toxicológicos resumidos sobre las nanopartículas.

Las nuevas nanopartículas se han clasificado según cuatro grandes campos: en fase gaseosa, por deposición de vapores, disoluciones químicas y por molienda. Diversos métodos de producción de nanopartículas son relativamente parecidos a los procedimientos de producción química existentes.

Respecto a la estimación de los riesgos para la salud y la seguridad del trabajo relativa a las nanopartículas, las informaciones actualmente disponibles permiten concluir que:

- Los cuatro principales métodos de producción pueden conducir a una exposición

profesional por vías pulmonar, cutánea o digestiva.

- Los métodos en fase de vapor ofrecen el mayor potencial de exposición durante la etapa de la síntesis de las nanopartículas. Por el contrario, todos los procedimientos pueden conducir a la exposición del trabajador por las tres vías de absorción durante las etapas de recuperación, de ensacado y de manipulación de polvos que están a menudo en forma de nanopartículas aglomeradas unas con otras.

- Para evitar la agregación de las partículas, diversos procedimientos tendrán una etapa post-síntesis con miras a modificar la superficie de la partícula, recubriéndola a menudo con otra sustancia orgánica o inorgánica; esta operación repercute en la toxicidad de la nanopartícula.

- Las herramientas actuales de evaluación de la exposición de los trabajadores, utilizadas normalmente en higiene industrial, están mal adaptadas en su aplicación a las nanopartículas en el trabajo. Actualmente es **imposible estimar la exposición** de los investigadores, estudiantes y trabajadores a partir de los datos teóricos. Los pocos datos disponibles sugieren que las exposiciones pueden ser sustanciales cuando se manipulan polvos.

- Los conocimientos científicos actuales sobre la toxicidad de las nanopartículas **son insuficientes** para poder realizar una evaluación cuantitativa del riesgo.

- Debido a su gran superficie específica, muchas nanopartículas ofrecen un importante potencial de reactividad que puede conducir a **incendios o explosiones**, por lo que deben tomarse medidas específicas de prevención con el fin de evitar tales acontecimientos.

Además, diversos organismos de investigación en salud y seguridad en el trabajo y en medio ambiente, como el NIOSH y la EPA en los Estados Unidos, así como el HSE en Inglaterra o el INRS en Francia, realizan

actualmente investigaciones con el fin de desarrollar nuevos conocimientos que permitan eventualmente hacer evaluaciones cuantitativas de riesgo para la exposición de los trabajadores.

Para comprender bien los efectos de la exposición a las nanopartículas en el hombre se necesitarán muchas investigaciones. Éstas deberían permitir esclarecer diversas carencias relevantes:

a) Los conocimientos actuales sobre la toxicidad y las vías de absorción de estos productos son muy limitados.

b) Las herramientas para evaluar la exposición profesional deben adaptarse a la toxicidad de las nanopartículas.

c) Deben medirse las exposiciones reales.

d) Debe evaluarse la eficacia de los medios de control y de los equipos de protección personal.

El control de la exposición profesional a las nanopartículas supone diversas incógnitas. Efectivamente, los enfoques que existen en el control por encapsulamiento o la protección respiratoria contra la inhalación deberían ser eficaces pero esta eficacia está por demostrar.

El control de exposición por ventilación en la fuente o ventilación general supone un desafío ya que se tiende a considerar a las nanopartículas más como un gas que como un sólido. La eficacia práctica de tales sistemas debe documentarse con cuidado.

Respecto a la protección personal por vía cutánea, no hay casi datos. Se recomiendan prendas desechables tipo Tyvek en un contexto en el que es probable que los equipos actuales de protección personal no proporcionen una protección adecuada. Los cartuchos filtrantes de alta eficacia deberían proporcionar adecuada protección respiratoria.

Aún sin el conjunto de conocimientos requeridos para la evaluación del riesgo o de la eficacia de las medidas de control disponibles, **diversos países han comenzado a legislar** para proteger a los trabajadores contra exposiciones potenciales, con el fin de prevenir el desarrollo de enfermedades profesionales.

Hasta que se documenten sus efectos sobre el ambiente o sobre el hombre, deben tomarse estrictas medidas preventivas con el fin de limitar la emisión de estos productos tanto al entorno de trabajo como al exterior.

Se están realizando investigaciones para el desarrollo y la implantación de las nanopartículas; la investigación para evaluar sus riesgos potenciales están en sus inicios. Las informaciones actualmente disponibles sugieren que estos productos pueden ser tóxicos y que los medios actuales de protección pueden no ser tan eficaces como se cree.

NanoQuebec estima que alrededor de 2.000 personas trabajan en el campo de los nanomateriales, principalmente en el medio docente, siendo dichas personas las más expuestas.

La implantación industrial se acelera, teniendo Quebec cuatro veces más empresas que hace apenas dos años. También se importan nanopartículas y se dispone de muy poca información sobre sus usos y sobre la exposición de los trabajadores.

La evaluación de las exposiciones profesionales debería documentarse. Un seguimiento regular de la evolución del conocimiento científico ayudará a la prevención de las enfermedades profesionales debidas a las nanopartículas.

